

文章编号: 1672-7940(2008)04-0464-06

综合地球物理方法在浙江小梅多金属矿产勘查中的应用

江桂¹, 朱国强², 汪利民¹

(1. 中国地质大学 地球物理与空间信息学院, 武汉 430074;

2. 浙江省地球物理地球化学勘察院, 杭州 310000)

摘要: 地球物理方法在固体矿产, 尤其是多金属矿产的勘查中得到广泛的应用。由于多金属矿床通常具有高密度、良导电性和强磁性(尤其是矽卡岩类型中赋存的磁性矿床), 因而广泛应用重、磁、电方法寻找这类矿产。本文应用高精度磁法和时间域激发极化法对浙江省小梅多金属矿区进行综合研究, 并以 C₇ 异常区为例, 通过磁异常定量计算得到引起 C₇ 磁异常的磁性多金属矿体顶板埋深约 2m, 厚 7.28m, 磁性体的倾向为 60°, 倾向 306°45', 这个结果与已经探明的小梅铅锌矿的产状相吻合, 进而说明综合磁法和电法是本区多金属矿产勘查的有效手段。

关键词: 高精度磁测; 时间域激发极化法; 磁异常定量解释; 多金属矿床

中图分类号: P631

文献标识码: A

收稿日期: 2008-01-22

Application of Integrated Geophysical Methods in the Xiaomei Polymetallic Deposit of Zhejiang

Jiang Gui¹, Zhu Guoqiang², Wang Limin¹

(1. Institute of Geophysics & Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. Geophysical & Geochemical Exploration Institute of Zhejiang, Hangzhou 310000, China)

Abstract: Geophysical methods are widely used in solid minerals, especially in polymetallic mineral prospecting. The polymetallic deposit generally has a high density, good electrical conductivity and ferromagnetism (especially the magnetic mineral deposit which is in the skarn). So the methods of gravity, magnetic and electricity are widely used to search for the mineral. In this paper, the authors adopt the high-precision geomagnetic method and the time-domain induced polarization method to make a synthetic study on Xiaomei polymetallic deposit in Zhejiang, and taking C₇ magnetic anomaly area as a case, by the inversion calculation of the magnetic anomaly, we obtain that the magnetic polymetallic mineral which causes the C₇ magnetic anomaly is approximately 2 meters high between the body roof and the ground surface, the thickness is 7.28 meters, the rake is 60° and the dip direction is 306°45'. This result is similar to the occurrence of the known lead-zinc deposits of Xiaomei polymetallic deposit. Thus it suggests that the combination of the two geophysical methods is quite useful in the exploration of polymetallic ore deposits.

作者简介: 江桂(1984-), 女, 中国地质大学(武汉)地球物理与空间信息学院环境与工程地球物理专业硕士研究生, 主要从事地球物

理资料处理与解释方面的学习与研究。E-mail: jianggui819@163.com

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

Key words: high precision magnetic; time—domain induce polarization; magnetic anomaly interpretation; polymetallic deposit

地球物理勘查是以各种岩石和矿石的物理性质(如密度、磁性、电性、弹性、放射性等)的差异为基础,用不同的物理方法和地球物理仪器,探测天然的或人工地球物理场的变化,通过分析、研究获得的地球物理资料,综合地质资料,达到查明地质构造、寻找矿产资源的目的^[1]。

近些年,随着微机质子磁力仪、光泵磁力仪的出现以及计算机的运用,高精度磁法广泛应用于油气勘探、碳氢化合物勘探、区域地质调查、金属矿产(铁矿、金矿、铜矿、铅锌矿等)勘察、寻找地下热源、考古等各个方面,并取得了显著的效果^[2~5]。时间域激发极化法是以岩、矿石电阻率的时间谱特性差异为基础,通过测量大地的视时变电阻率曲线,寻找电性异常体的一种电法勘探方法,它主要用于多金属矿的普查与地下水勘查中^[6~8]。在很多实际矿产勘查项目中,由于地质环境的复杂性、岩矿石的物性特征的多样化,单纯用某一种地球物理方法难以得到比较准确的地下矿体产状、埋深等信息,而利用两种或多种常规地球物理方法的组合恰能弥补这个缺点。

浙江省小梅多金属矿区处于浙西南地区重要的成矿地层—龙泉群变质岩上,通过以往地质、物化探研究、野外踏勘检查、采矿巷道编录等工作,认为该地区有较好的找矿远景。但由于小梅地区

山丘残坡积盖层较厚,已知矿化带位于河漫滩边部,给找矿工作带来一定的困难。针对含磁黄铁矿岩石与围岩磁性差异大的特点,此次首先采用高精度磁法测量,圈定矿化蚀变带及磁性地质体,在异常明显区配以时间域激发极化法剖面测量,区分磁异常性质,结合矿床特征综合分析,在找矿有利部位进行工程验证,取得了较好的找矿效果。

在小梅多金属矿区完成的 1:10000 地面高精度磁测成果图上,圈定磁异常 9 处,本文以 C₇ 磁异常为例阐明综合地球物理方法在多金属矿产勘查中的应用。

1 C₇磁异常区地质概况及岩石磁性特征

小梅多金属矿区位于龙泉—遂昌变质基底隆起区之中部南东侧,地层主要为中元古界龙泉群,测区南东部出露少量上侏罗统火山岩。龙泉群位于江山—绍兴深断裂和余姚—丽水断裂带之间的浙中隆起区南端,与下元古界八都群之间以大型韧性剪切带为界,系浙闽变质带组成部分,是浙西南地区重要成矿地层^[9]。龙泉群底部为双峰式火山建造,中部(主体)为砂泥质碎屑岩建造,上部为碎屑岩—碳酸岩建造,主要岩性为片岩类(二云片

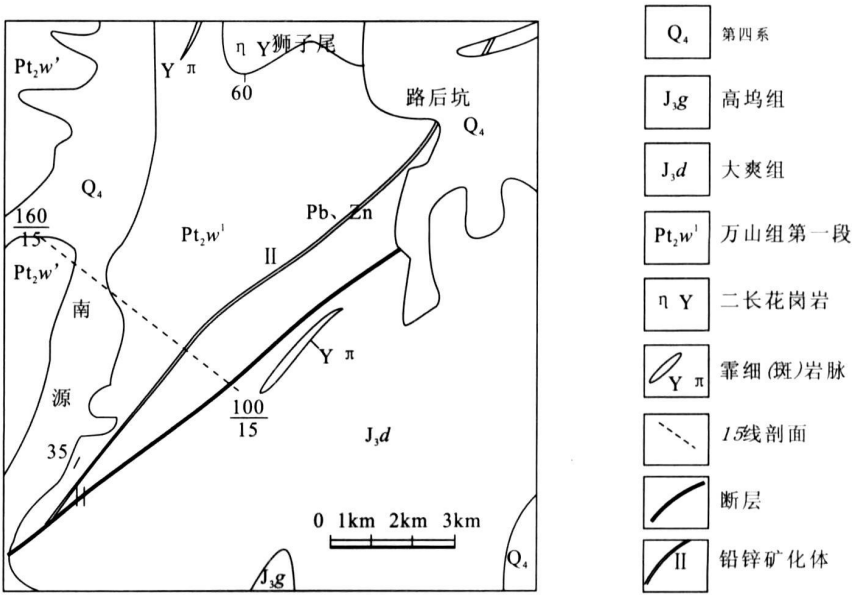


图 1 C₇异常区地质图

岩、黑云片岩、二长石英片岩等), 次为角闪片岩类、大理岩类、石英岩类、变粒岩类等, 片麻岩不发育^[10]。龙泉群万山组, 可分为二个岩性段。一段(Pt_2w^1)为斜长角闪岩、角闪片岩、绿泥石阳起石片岩夹大理岩和绿片岩; 二段(Pt_2w^2)为斜长变粒岩、云母片岩等^[11]。

C_7 磁异常区位于小梅二长花岗岩的南西延长线上(见图 1), 地层为龙泉群万山组一段斜长角闪岩、角闪片岩、绿泥石阳起石片岩夹大理岩和绿泥片岩。但在 15 号剖面上主要为二云片岩, 136 点附近见有花岗斑岩脉, 推断宽 20m 左右。区内第四系残坡积层特别发育, 一般在数米以上, 沿剖面很少见到露头点。

根据物性测定结果, 各类岩矿石中含磁黄铁矿和铅锌矿石的质量磁化率($\chi = 1652.244 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{km}$)、天然剩余磁化强度($\text{NRM} = 16.11$

$\times 10^{-3} \text{ A/m}$) 均较高, 其次是晶屑凝灰岩 χ 为 $648.855 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{km}$), 但 NRM 比较低, 仅为 $0.243 \times 10^{-3} \text{ A/m}$), 其他岩石均为弱磁性或无磁性。所以含磁黄铁矿铅锌矿石是形成磁异常的主要地质体。综合 C_7 磁异常区所处的地质环境及岩矿石的磁性特征可知该区具备高精度磁法、激电的找矿前提。

2 C_7 异常的解釋

图 2 显示, C_7 磁异常呈北东 45° 方向展布, 长约 1000m, 宽 200~300m, 由南西向北东宽度逐渐变窄, 强度变弱, 南西段由两个近似平行的异常组成, 极大值分别为 3743nT 和 3885nT; 北西侧伴生负异常, 极小值为 -1566nT。异常梯度北西陡, 南东缓。北东段异常强度较弱, 极大值 2290nT。

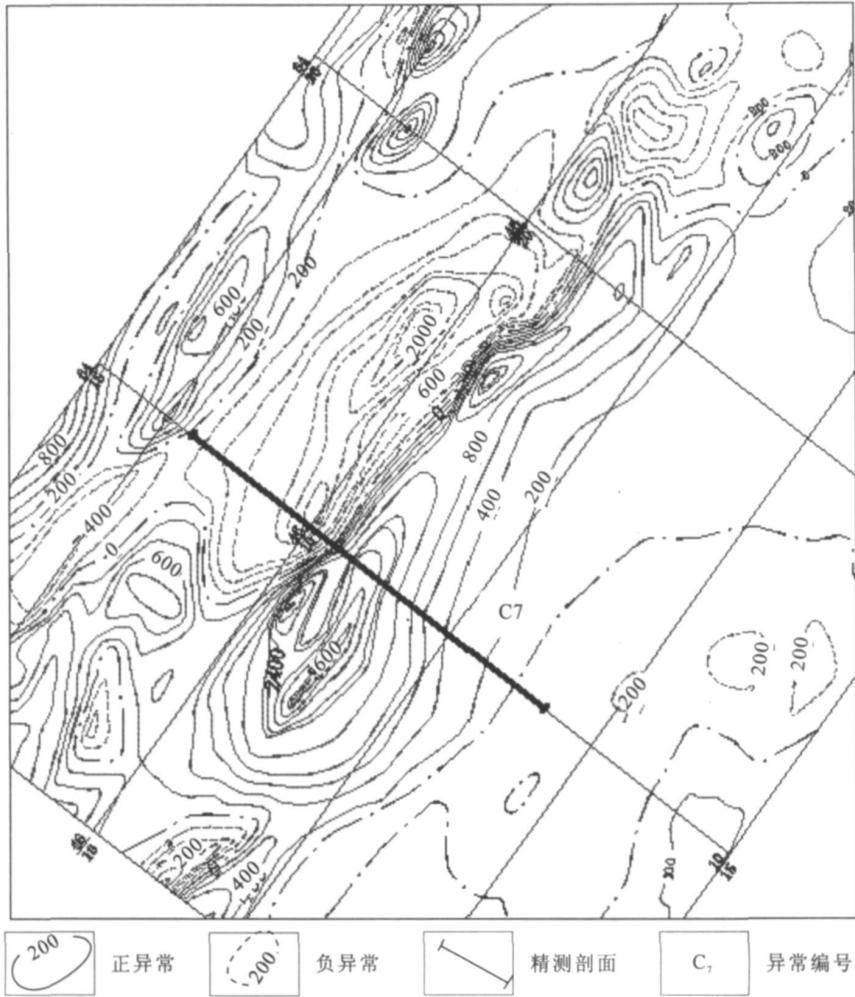


图 2 C_7 磁异常 ΔT 平面等值线图(比例尺:1:10000)

Fig.2 The ΔT planar isoline map of C_7 magnetic anomaly (scale: 1:10000)

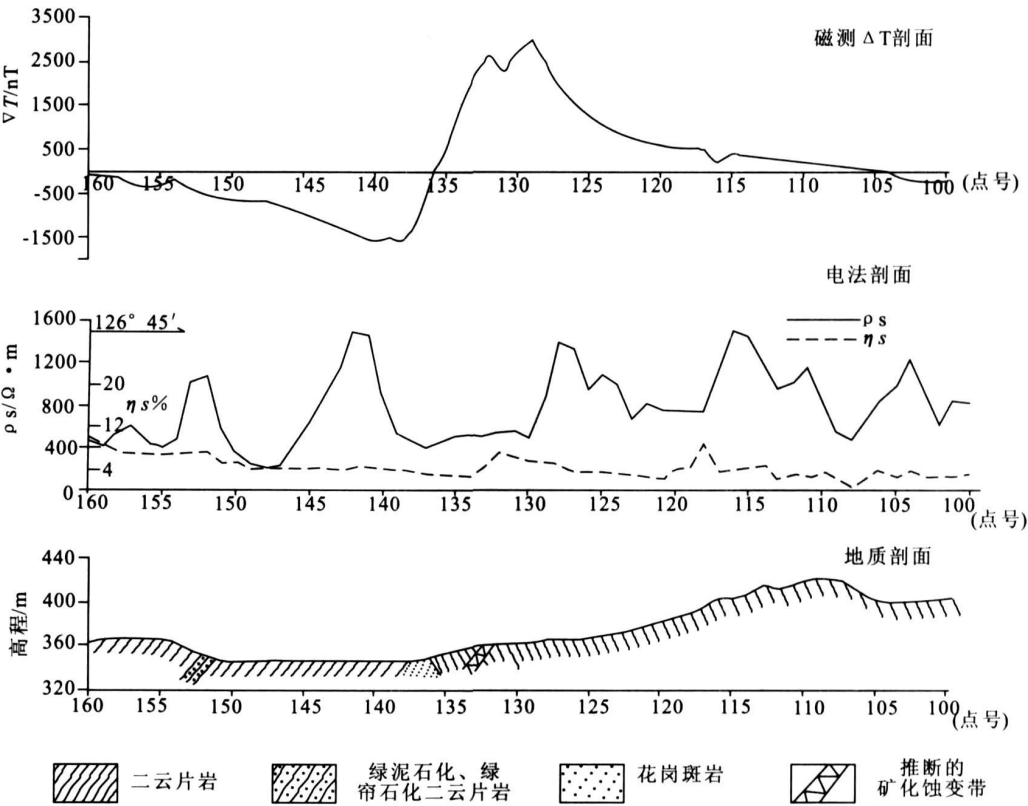


图 3 C7异常精测剖面(15 线)

(电法剖面的实线为视电阻率 ρ_s , 虚线为视极化率 η_s)

Fig. 3 The accurate profile map of C7 anomaly (the 15 line)

(In the electrical profile map, solid is the apparent resistivity ρ_s , dashed is the apparent polarizability η_s)

北西侧负异常极小值为 -2679nT (48/18 点), 异常梯度北西侧大于南东侧。

电磁综合精测剖面示于图 3。在 130 点至 137 点之间, 为低阻极高化异常。视电阻率 ρ_s 为 $394\sim 555\Omega\cdot\text{m}$, 视极化率 η_s 异常位于 130 点至 132 点之间, 最高为 7.1% , 异常明显。激电异常为矿化蚀变的反映, 尤其是低电阻率高极化率异常为硫化物矿化蚀变的反映。电性异常与磁异常对应很好(图 3)。

结合 C7 异常所处的地质背景、物性参数测定结果及磁异常和电法异常特征, 初步可推断该异常应与花岗斑岩脉接触带上的矿化蚀变带引起。C7 异常地质体的产状要素, 需要对磁异常进行反演。根据图 2 中平面等值线图定性推测, 该异常为一个较为典型的斜磁化条件下延伸较大的厚板状二度体引起的异常。由此, 利用简单有效的切线法对精测剖面的磁异常进行反演。

切线法是利用磁异常曲线上一些特征点(如

极大值点、极小值点、拐点及半拐点等)的切线之间交点的坐标间关系来计算磁性体产状要素^[12,13]。对于斜磁化二度无限延深板状体, 其计算公式为:

$$\Delta T = Z_d/\cos\theta + H_d/\sin\theta \tag{1}$$

其中: $\theta = 90 - i$ 。

令 ΔT 的一次导数为 ΔT_x , 二次导数为 ΔT_{xx} , 则有:

$$\begin{cases} \Delta T_x = f_x \cos\theta + \varphi_x \sin\theta \\ \Delta T_{xx} = f_{xx} \cos\theta + \varphi_{xx} \sin\theta \end{cases} \tag{2}$$

式中 f_x 、 f_{xx} 、 φ_x 、 φ_{xx} 分别为 $Z_d/$ 和 $H_d/$ 的一阶、二阶水平偏导数, 若令 $\Delta T_x = 0$, 则 ΔT 曲线的极值点横坐标为 x_{\max} 、 x_{\min} ; 若令 $\Delta T_{xx} = 0$, 其拐点的横坐标为 x_{G^4} 、 x_{G^1} , 还可得出极值 ΔT_{\max} 、 ΔT_{\min} 及拐点处的场值 ΔT_{G^4} 、 ΔT_{G^1} , 过拐点处切线 L_1 、 L_2 的斜率 $(\Delta T_x)_{G^4_m}$ 、 $(\Delta T_x)_{G^1_m}$, 以及特征线段 x_{01} 、 x_{04} 、 x_{m1} 、 x_{m4} 等 14 个基本参数。

由小梅多金属矿区所处的地理位置以及前人研究的结果, 取磁倾角 i 为 42° , 最后求得的磁性

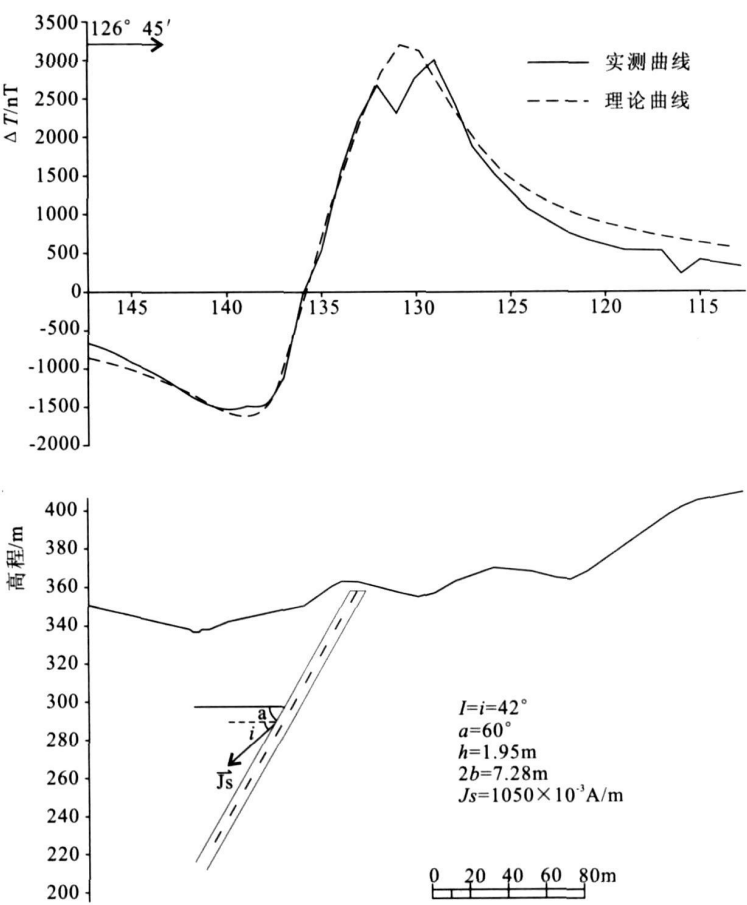


图 4 15 线磁异常解释推断剖面

Fig. 4 The interpretative profile map by the magnetic anomaly of the 15 line

体顶板埋深为 1.95m,磁性体的厚度为 7.28m,磁性体倾角为 60°,倾向 306°45′,磁化强度 $J_s=1050\times10^{-3}\text{ A/m}$ 。反演计算出的参数与已知小梅铅锌矿的产状近似。

将反演求得的磁性体参数进行正演计算,所得的理论曲线与实测曲线进行拟合,结果非常一致(见图 4)。因此推测,计算的磁性体的埋深、厚度、产状及磁化强度等参数可信度较高。

3 结 论

结合研究区的地质背景、磁异常特征、激电异常特征及物性参数等资料,推断本区存在一个明显的与花岗斑岩脉接触的矿化蚀变带引起的局部磁异常。在 15 线以西可能有两处相邻较近的平行分布的矿化体。通过 C7 磁异常的定量解释,推测引起 C7 磁异常的地质体为含磁黄铁矿的铅锌矿体,矿体呈北东走向,位于异常区的矿化蚀变带

上。依据精测剖面的反演结果,获得磁性体顶板埋深约 2m,厚 7.28m,倾角为 60°,倾向 306°45′,与已知小梅铅锌矿的产状近似。

这个实例表明,在多金属矿产勘查中,采用高精度磁法测量与电法相结合,可以取得较好的找矿效果。

本文在撰写过程中得到了浙江省物化探勘察院何良军等人的大力帮助,刘庆生教授审阅并修改全文,在此一并表示衷心的感谢!

参考文献:

[1] Xiong ZQ, Huang J, Zhang DZ, et al. Application of comprehensive geophysical prospecting method in karst geologic survey of Xiamen—Chengdu Expressway[J]. *Geophysical Solution for Environment and Engineering*. 2006(1): 715~720.

[2] A A Nulman, N I Moskalenko, S E Borich, et al. Application of high—precision susceptibility measurements to geological and geocological problems

[J]. Izvestiya — Russian Academy of Sciences. Physics of the Solid Earth. 2003, 39(8):693~699.

[3] Elbuken C, Shameli E, Khamesee M B. Modeling and analysis of eddy — current damping for high — precision magnetic levitation of a small magnet [J]. IEEE Transaction on Magnetics. 2007, 43(1):26~32.

[4] Qu Z, Li YT, Yan GL. Application of high precision magnetic exploration to detect collapse pillars in coal mines [J]. Geophysical Solution for Environment and Engineering, 2006, (1): 697~700.

[5] 吕邦来,王传雷. 磁测在港航工程勘察中的几个实例 [J]. 工程地球物理学报. 2004, 1(6):494~498.

[6] 王庆乙. 激电视参数直接评价异常源的研究[J]. 地质与勘探. 2005, 41(6):67~74.

[7] 王绵龄,胡正明. 时间域谱激电法在寻找石墨矿种的应用效果[J]. 物探与化探, 1987, 6(3):87~95.

[8] 孟永良,罗延钟,昌彦君. 时间谱电阻率法的二维正演算法[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2000, 25(6):656~662.

[9] 胡雄健,许金坤,童朝旭,等. 浙南中元古界龙泉群的地质特征及构造演化[J]. 中国区域地质, 1992, (1): 20~31.

[10] 胡雄健,许金坤,童朝旭,等. 浙西南中元古界龙泉群的地质年代学[J]. 地质论评, 1992, 38(3):271~278.

[11] 董士尤,许金坤,陈广浩. 浙西南龙泉地区变质岩系变形构造分析[J]. 浙江大学学报(工学版), 1988(5):84~90.

[12] 《地面磁测资料解释推断手册》编写组. 地面磁测资料解释推断手册[M]. 北京:地质出版社, 1979.

[13] 成都地质学院,武汉地质学院,河北地质学院,合肥工业大学四校合编. 应用地球物理学—磁法教程 [M]. 北京:地质出版社. 1980.

欢迎订阅《工程地球物理学报》

《工程地球物理学报》是由中国地质大学(武汉)和长江大学联合主办的面向国内外公开发行的工程、环境地球物理类学术期刊。本刊是工程、环境、资源地球物理勘探理论、方法、技术学术研究成果的重要交流和展示窗口及前沿学术问题讨论的平台。

本刊主要面向国内外地球物理及相关学科的教学、研究和生产人员。本刊为双月刊, A4 开本, 每册定价 10.00 元, 全年共 6 期, 全年定价 60.00 元。欢迎订阅, 邮发代号: 38—424。

本刊国际标准刊号: ISSN 1672-7940, 国内统一刊号: CN42-1694/TV。

联系地址: 湖北省武汉市武昌洪山区鲁磨路 388 号

中国地质大学《工程地球物理学报》编辑部

邮 编: 430074

电 话: 027—67883682

E_ mail: cjeg@cug.edu.cn

网 址: http://unit.cug.edu.cn/gcdqw1/

账户名称: 中国地质大学(武汉)

账 号: 05008008091001

开户银行: 中国银行武汉市地大支行

务必在注释栏写上: 付《工程地球物理学报》款

本编辑部收到款后将于 7 个工作日之内, 用挂号信寄出正式发票。